第 17 卷 第 1 期 昆 虫 学 报 Vol. 17, No. 1
1974 年 2 月 ACTA ENTOMOLOGICA SINICA February, 1974

棉苗期棉蚜群的空间模型及其在实践上的应用

宋 哲 和*

(山 西 农 学 院)

摘要 棉苗期棉蚜群的空间模型，当蚜株率在 5% 以下时符合负二项分布，蚜株率在 5% 以上则符合 Polya-Eggenberger 核心分布，在防治上应消灭于这个点片发生阶段。

根据这种极不均衡的分布型，在防治试验的调查资料应用变量分析时，应将原资料用对数代换后进行，可以得到较精确的结果，与生产实践经验相符；也符合变量分析主要基本假设：

(1) 各种试验误差应成常态分布；

(2) 各次观察误差必须有一共同的变量；

(3) 处理效应与环境效应应该是可加的。

应用序贯分析检定棉蚜防治适期(蚜害株 20%)，定 $k = 0.4$、$kp_1 = 0.2$、$kp_0 = 0.1$、$\alpha = \beta = 0.05$，求出决定防治与否的两条分领域的平行线方程为：

$$a_m = 0.143m - 5.7625$$

$$r_m = 0.143m + 5.7625$$

它们可供实践中参考运用，以节约人力物力。

从事棉蚜防治或预测预报工作，要正确估计田间蚜群数量，必须首先了解蚜群在棉株空间分布型。根据空间模型而订出合理的试验设计并运用精确的统计方法，才能使田间试验获得正确的结论(宋哲和，1966)。近年来国内外报道应用序贯分析或序贯抽样检定害虫防治质量或防治指标(宋哲和，1965，1973；Sylvester *et al.*, 1961; Harcourt, 1966; Ives *et al.*, 1965; Safranyik *et al.*, 1970)，使防治工作质量提高，大大节约人力物力。但序贯法是根据虫群空间模型来制订的。

作者自 1964—68、1972 年结合着大面积防治棉蚜和药效试验进行棉蚜空间分布型的研究(宋哲和，1965)，初步总结出棉蚜防治试验设计及统计分析方法、应用序贯分析检定防治指标。现将研究结果整理出来，以期在生产实践上作进一步的检验或推广应用。

一、研究方法及结果

棉蚜群空间模型的研究是在棉苗刚出土、有翅蚜初从越冬寄主植物迁飞到棉田时开始。棉田为条播，在棉田中划出方形地块(减少边际影响)或按五点取样，依次逐株记录有翅及无翅蚜数，调查至棉苗具两片真叶而未间苗前为止，以保证蚜群在空间的自然分布。表 1 是调查 8 块棉田的基本情况。

(一) 棉苗期蚜群空间模型的测定是将表 1 各棉田逐株调查的棉蚜数列成次数分配

* 作者曾在王鉴明教授指导下进行害虫空间模型的研究，写本文时又参考他所著的《生物统计学》(1962 年油印本)。稿成后蒙北京农业大学卢宗海先生和中国科学院动物研究所马世骏教授审阅，一并志谢。

表 1　8 块棉田苗期棉蚜密度及蚜株率

棉田号	调查日期	地　　点	调查株数	每株平均蚜数	蚜株 %	有翅蚜占总蚜%
I	1967.V.13	太谷、农学院	10,000	0.075	2.8	25.6
II	1968.V.18	太谷、农学院	6,000	0.137	4.7	27.6
III	1966.V.12	太谷、农学院	5,600	0.301	6.4	11.7
IV	1966.V.9	介休、宋古	3,200	0.629	11.7	8.9
V	1968.V.26	太谷、农学院	1,000	1.306	22.7	12.1
VI	1966.V.24	介休、西宋丁	2,400	1.984	27.6	1.0
VII	1972.V.5	闻喜、东官庄	2,000	0.476	14.4	23.6
VIII	1967.V.11	农学院、营养钵育苗	500	1.004	19.6	6.8

(即观察株数),然后依次配合潘松(Poisson)分布、尼门(Neyman)核心分布、负二项分布、Polya-Eggenberger 大小不等核心分布(简称 P-E 核心分布)等公式求出其理论次数,并用卡方测验其符合与否。有翅蚜分布型测定结果多数不符合潘松分布而符合负二项分布(I至V号棉田);而第 VII 号棉田符合潘松分布,但更符合负二项分布;第 VIII 号棉田则符合潘松分布(表 2)。

(二) 棉苗全株蚜量(有翅及无翅蚜)的分布型在 7 块棉田中均不符合潘松、尼门分布,前两块(I、II)符合负二项分布,第III、IV、V、VII 号棉田不符合负二项分布,只符合 P-E

表 2　棉苗期有翅蚜株次数分配表

棉田号	次数分配	有翅蚜数				变异指标 ($V/\bar{x}$)
		0	1	2	3	
I	观察株数	9816	175	9		$\frac{0.0207}{0.0193}=1.07$
	潘松分布	9808.0	189.3	1.8		
	负二项分布	9815.0	176.5	8.5		
II	观察株数	5791	193	14	2	$\frac{0.0431}{0.0378}=1.14$
	潘松分布	5778.0	218.4	4.1	0.5	
	负二项分布	5790.0	192.1	12.8	5.1	
III	观察株数	5415	173	12		$\frac{0.0382}{0.0352}=1.09$
	潘松分布	5406.2	190.3	3.5		
	负二项分布	5413.5	175.8	10.7		
IV	观察株数	3036	149	14	1	$\frac{0.0637}{0.0563}=1.13$
	潘松分布	3024.6	170.3	4.8	0.3	
	负二项分布	3035.8	150.7	12.6	0.9	
V	观察株数	871	104	21	4	$\frac{0.1990}{0.1580}=1.26$
	潘松分布	853.9	134.9	10.7	0.5	
	负二项分布	869.0	109.0	12.5	9.5	
VII	观察株数	1798	181	19	2	$\frac{0.1248}{0.1130}=1.10$
	潘松分布	1786.4	201.9	22.8	2.6	
	负二项分布	1797.0	184.0	18.0	1.0	
VIII	观察株数	468	30	2		$\frac{0.0714}{0.0680}=1.05$
	潘松分布	467.2	31.8	2.2		

表3 棉苗期有蚜株（蚜量）次数分配表

棉田号	次数分配	棉蚜（有翅及无翅）数																																卡方测验（括号内为自由度）	变异指标 ($V/\bar{x}$)
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	23	24	25	26	27	28	29	32	33	41		
I	观察株数	9719	124	60	34	19	13	8	5	6	5	2	2	1			1							1										$X^2_{(5)}=2.624$	$\frac{0.390}{0.075}=5.17$
															23																				
	负二项分布	9707.0	141.7	58.2	31.6	19.2	12.5	8.4	5.8	4.1	3.0	2.2	1.6	1.2			1.1							2.4											
															21.4																				
II	观察株数	5718	120	58	36	21	9	10	6	4	4	3	2	2	2	2	1	1			1													$X^2_{(5)}=3.844$	$\frac{0.792}{0.137}=5.77$
														26																					
	负二项分布	5706.0	135.7	57.7	32.2	20.2	13.4	9.3	6.6	4.8	3.6	2.7	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6			0.7														
														25.5																					
III	观察株数	5243	84	66	39	37	19	24	12	15	18	6	9	9	4	2	1	4	2	1	1	1					2		1					$X^2_{(10)}=0.659$	$\frac{2.542}{0.301}=8.46$
																							28												
	P-E核心分布	5254.5	78.8	63.6	37.8	35.3	18.8	23.3	11.6	14.7	17.4	6.2	8.9	8.8	4.2	2.2	1.0	3.9	2.1	1.0	0.9	0.9					2.0		2.1						
																							29.1												
IV	观察株数	2826	95	54	34	37	23	23	13	14	14	10	15	9	8	2	3	3	3	2	1	3		2			2	2		1		1		$X^2_{(11)}=2.423$	$\frac{6.310}{0.629}=10.03$
																									33										
	P-E核心分布	2850.6	85.5	49.9	32.8	35.6	22.2	21.8	12.3	13.7	13.6	9.7	14.5	8.9	7.7	2.3	3.1	3.3	3.5	2.8	1.4	3.6		1.2			–	–		–		–			
																									28.9										
V	观察株数	773	40	36	27	19	22	11	14	11	9	4	6	5	4	3	1	4	3	1		2	1	1					1		1		1	$X^2_{(10)}=8.016$	$\frac{12.942}{1.306}=9.91$
																									28										
	P-E核心分布	796.9	31.9	29.3	22.7	16.6	19.1	10.1	11.5	9.9	8.1	3.8	5.6	5.0	4.0	3.1	1.5	4.1	3.2	1.6		2.4	1.8	2.0					2.4		2.6		0.8		
																									34.5										
VII	观察株数	1712	99	58	40	27	15	11	10	5	8	4	3	1	2	2	2	0	1															$X^2_{(13)}=5.980$	$\frac{2.637}{0.476}=5.540$
																		3																	
	P-E核心分布	1732.0	85.7	51.0	37.1	26.0	15.2	10.8	9.1	5.3	7.8	4.2	3.3	1.2	2.2	2.3	2.2	–	4.6																
																		6.8																	
VIII	观察株数	402	27	16	10	8	9	3	3	4	1	2	2	4	2		1		1	1	1		1		1	1									$\frac{10.530}{1.004}=10.490$
																						6.0													
	负二项分布	390.0	37.3	18.7	11.9	8.3	6.2	4.8	3.8	2.9	2.4	1.9	1.6	1.4	1.2		0.8																	$X^2_{(13)}=13.613$	
																						6.8													
	P-E核心分布	411.0	22.2	13.4	9.1	7.2	8.0	3.2	2.6	3.7	1.3	1.9	1.9	3.7	1.9		1.2																	$X^2_{(13)}=2.502$	
																						7.5													

核心分布（表 3）。第 VI 号棉田因蚜株率高，单株蚜量太多，而且发现天敌，故不进行虫口分布型测定，只作蚜害株分布测定。

（三）上面是每株(样本)含蚜数的空间模型，是测定自然分布的基本方法。但生产上还需要测定有蚜株分布型，为应用上方便，以 10 株棉苗作样本，以其中有蚜株作次数分配，测定的结果在四块蚜害中等的棉田均不符合潘松分布，其中有三块符合负二项分布（表 4）。可以认为棉苗有蚜株的空间模型基本上是符合负二项分布的。

表 4　棉苗期有蚜株次数分配表*

（10 株为样本，配合负二项分布）

棉田号	次数分配	蚜害株数 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	卡方测验（括号内为自由度）	变异指标 ($V/\bar{x}$)
III	观察样本数	332	140	58	20	9	1					$X^2_{(2)}=1.062$	$\frac{0.883}{0.638}=1.39$
						10							
	理论次数	326.5	150.3	55.7	18.8	6.2	2.5						
						8.7							
IV	观察样本数	113	110	54	28	8	3	3	1			$X^2_{(2)}=1.297$	$\frac{1.570}{1.169}=1.34$
						15							
	理论次数	117.0	102.0	57.5	26.5	10.8	4.1	1.5	0.6				
						17.0							
V	观察样本数	17	18	22	17	18	6	2				$X^2_{(3)}=8.622$	$\frac{2.537}{2.270}=1.12$
							8						
	理论次数	11.8	23.9	25.6	19.0	11.2	5.5	3.0					
							8.5						
VI	观察样本数	30	55	51	32	26	14	8	10	8	6	$X^2_{(6)}=7.862$	$\frac{5.249}{2.763}=1.89$
										14			
	理论次数	33.4	48.7	47.0	37.6	27.1	18.1	11.6	7.1	4.2	5.2		
										9.4			

* 第I、II、VII、VIII 号棉田没有记载自然分布图，故不能进行本项测定。

二、棉蚜的空间模型与其生活习性及防治策略的关系

棉蚜在棉田中的发生和扩散经朱弘复等(1956)研究，有翅蚜从越冬寄主迁飞到棉田的降落机遇主要决定于当时风向、风力和棉田地形，造成有翅蚜的不平均分布现象。作者测得有翅蚜分布基本上不符合潘松分布而符合负二项分布，是不随机的（如第 I 至 V 号棉田），但也不很集中 ($V/\bar{x} \doteq 1 < 1.5$)。当气温低、出苗晚，有翅蚜飞迁较集中（第 VII 号棉田）或用阳畦营养钵育苗，苗密而风力较小时(VIII)则趋于潘松分布。有翅蚜到棉田后进行繁殖，所以早期全株蚜量仍符合负二项分布（第 I、II 号棉田），说明其分布不均衡，开始有点片发生；由于棉蚜繁殖力强，故到后来（蚜株率在 5% 以上）一般不符合负二项分布而只符合 P-E 大小不等核心分布，说明分布高度不均衡，点片发生已形成大小不等核心群。因此，作者与朱弘复等虽研究方法不同，但结果是一致的。至于有蚜株的空间模型，以一定抽样单位(10 株)的分布基本上符合负二项分布（以 5 株为样单位经测定亦相同，只在

蚜株率高时影响级数收敛)，显然这是与早期蚜群符合负二项分布有关联。

对害虫分布为不均衡(核心分布或负二项分布等)的集团，总结前人经验在防治策略上必须集中力量来消灭核心(尹汝湛等，1954)。在棉田防治棉蚜就要消灭于点片发生阶段，采取药剂挑治可以遏制其扩散蔓延，节约人力物力(朱弘复等，1956)。

三、棉蚜的空间模型在防治试验设计与统计分析上的应用

作者多年来连续进行十多次田间防治棉蚜试验，试验小区面积 0.5—1 分，重复 3—4 次，运用局部控制(随机区组法)，在苗期每小区调查 10—100 株的全蚜量为样本作统计分析，其结果重复间差异均不显著，说明运用局部控制都没有效果。考查其原因是由于苗期蚜群在棉田分布极不均衡，呈稀疏镶嵌的大小不等核心群，而样本占小区面积(或株数)又很小，其代表性不强，故难以起到局部控制的作用。因此，如试验目的只需测定杀虫效果(死蚜率或减退率)，又用抽样调查，则在已除去边际影响的试验地内运用局部控制是没有价值的。如防治试验还要考查药剂对其他病虫害的效果以及对棉株生长发育和产量的影响时，运用局部控制[如土壤差异或其他影响棉蚜群集的因素(朱弘复等，1956)应宜列入]以减少试验误差还是必要的。

药剂防治棉蚜试验的效果测定，多在苗期调查每棉株的全蚜量，此时蚜群空间模型符合负二项分布，运用变量分析时可应用对数代换(宋哲和，1966，1973；尹汝湛等，1954；Sylvester *et al.*，1961.)。但通常遇到的情况是蚜群密度较大(可能符合 P-E 核心分布的居多)，而抽样含株数也较多(通常调查 10—100 株为一样本)，由于样本大小不同，可能改变虫群的空间模型(尹汝湛等，1954；Kuehl *et al.*，1972)。属于分布不均衡的资料，其变量(V)与均数($\bar{x}$)有一定相关或成比例，故可以从调查资料的 V 与 $\bar{x}$ 关系来决定统计代换方法。V 与 $\bar{x}$ 可作出理论线(丁岩钦，1965;，Sylvester *et al.*，1961)，但也可以实测，如 Daum 等(1960)进行欧洲红螨防治试验，调查 27 个样本(每样本 20 片叶)，无论卵或成螨，其标准差(S)与均数(m)成比例或近似直线关系，资料属非均衡性分布，在变量分析时需用对数[$\log(x+1)$，其中 x 为每样本中卵或成螨观察值]代换。统计代换结果降低了 Bartlett 变量同一性的卡方值，并消除 S 与 m 的比例关系。其它试验用此统计代换，亦获得相似的结果。故认为此统计代换是合适的。

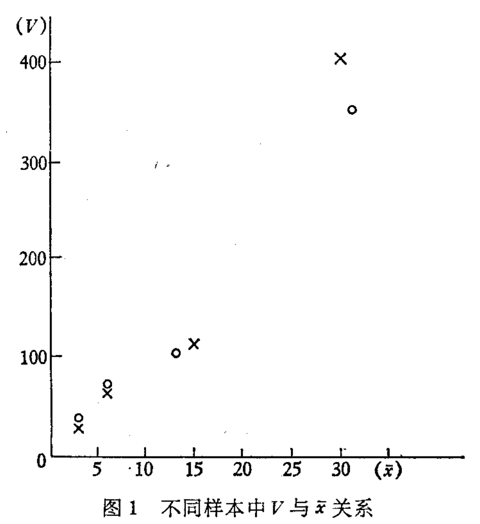


图 1 不同样本中 V 与 $\bar{x}$ 关系

× 第 III 号棉田，样本含株数为 10、20、50、100 株
○ 第 IV 号棉田，样本含株数为 5、10、20、50 株

作者仿 Daum 的方法取第 III、IV 号棉田资料以测定不同样本(样本含株数 5—100 株)中的 V 与 $\bar{x}$ 关系呈正相关或成比例(图 1)，故变量分析可用对数代换，现举实例来说明。

作者在 1964 年试验的基础上，于 1965 年在太谷桃园堡进行杀虫杀菌剂防治棉蚜及苗期病害试验，试验小区 0.5 分，重复三次，用随机区组设计，于 4 月 28 日播种，5 月 20 日在每小区调查 100 株全蚜量(称原资料 x)，结果如表 5。

全试验共 10 种处理：

（1）0.8% 赛力散拌种　　（6）3911 浸种后拌五西合剂
（2）0.5% 五西合剂拌种　　（7）3911 与 401 混合浸种
（3）0.1% 401 抗菌剂浸种　　（8）3911 与 401 混合浸种后拌五西合剂
（4）0.5% 3911 浸种　　（9）3911 与 401 混合浸种后拌赛力散
（5）3911 浸种后拌赛力散　　（10）对照用清水浸种

表 5　3911 与杀菌剂防治棉蚜试验(1965)

处理 / 重复	调查结果（每小区查100株蚜数 x）										总和
	(1)	(10)	(3)	(2)	(9)	(7)	(5)	(6)	(8)	(4)	
I	164	79	37	65	12	0	1	12	21	0	391
II	201	36	210	18	4	2	6	3	0	1	481
III	368	388	30	106	7	31	4	0	0	0	934
总　　和	733	503	277	189	23	33	11	15	21	1	1806
全　　距	204	352	180	88	8	29	5	12	21	1	
原资料(x) 均数	244.3	167.7	92.3	63.0	7.7	11.0	3.7	5.0	7.0	0.3	
差异显著度*											
$\log(x+1)$均数	2.37	2.02	1.80	1.71	0.90	0.66	0.62	0.57	0.45	0.10	
差异显著度*											

* 差异显著度的比较，数字下面用横线联的表示处理间差异不显著，有线与没有线之间示差异显著（t 值测验用 Duncan 法）。

将原资料(x)作变量分析，F 测验结果重复间差异不显著，处理间差异非常显著；用平方根($\sqrt{x+0.5}$) 代换或对数 [$\log(x+1)$] 代换后进行变量分析的结果亦相同。用 Duncan 法进行 t 值测验以比较处理间的差异显著度：用原资料(x)分析的结果，(2)、(3)两种没有用 3911 处理的却与施用 3911 处理者[(9)、(7)、(5)、(6)、(8)、(4)]差异不显著，表示不用 3911 也有治蚜效果，这显然是不对的；用平方根代换后 t 值测验结果与上述情况相似，也与生产实践经验不符；但用对数代换后 t 值测验结果则显然不同，它把 3911 应用与否划分出截然的界限，确切反映了 3911 防治棉蚜稳定的高效，不用 3911 处理[(1)、(10)、(3)、(2)]时就没有效，其间差异亦不显著，此结果与多年来的生产实践经验相符。因此，应用对数代换能确切反映客观实际，而用原资料(x)分析的结果不但把不施 3911 的(2)、(3)两处理误为有效，还把没有施 3911 的(1)与(10)之间的误差示差异显著（即本质上差异），这显然是统计上的错误。

上面是从生产实践作检验，下面从统计学（即变量分析三条主要基本假设）进行检查。

（一）资料常态性测验：现从资料的均数与全距（表示变异的大致情况）之间的关系来检查是否属常态分布。应用等级相关法（Forsythe *et al.*, 1961）测定原资料(x)的均数与其全距的相关系数 $r = 1 - \frac{6(\Sigma d_i^2)}{n(n^2-1)} = 0.952$（式中：$d_i$ 为各处理均数等级与全距等级的差异；n 为处理数。）用平方根代换后的 $r = 0.958$，说明二者的相关非常显著；但用对数代换后 $r = 0.006$，表示均数与其全距无关，此时变量已不受均数的影响，说明原资料用

对数代换后的试验误差属常态性。

（二）变量的同质性检验：由于对数代换资料证明符合常态，可继续进行试验误差的同质性测验，根据 Hartley（1950）提出的方法，在对数代换的资料中，先找出各处理中最大全距(R_{max})和最小全距(R_{min})，代入

$F_{max}=(R_{max}/R_{min})^2=19.98$，查 Hartley 表 $(F_{max})_{0.05}=550\gg F_{max}$，故知误差为同质性，符合变量分析要求。

（三）处理效应与环境效应的可加性检验：处理间效应与处理内环境效应(即试验误差)的可加性测验，应用 Tukey(1949)法：不可加性的 F 值(F_{NA})$=\frac{\text{不可加性变量}}{(\text{误差变量})-(\text{不可加性变量})}$ $=1.18$

$F_{0.05}=4.45>F_{NA}$ 故知处理效应与环境效应为可加性，因此，应用对数代换是合理的。

变量分析还有一条基本假设是各次试验误差彼此是独立的。此假设当应用随机排列即容易达到，本试验已满足此要求，故不进行讨论。

四、棉蚜群的空间模型在序贯分析上的应用

根据国内多年防治棉蚜经验，棉田第一次治蚜适期应在蚜株率达 20% 时开始；现设蚜株率在 10% 以下时认为暂时不须进行防治。

故设：H_0 为 $kp_0=0.1$　H_1 为 $kp_1=0.2$ 当蚜株率尚未达到防治指标(20%)而认为必须进行防治的误差为 α，而当已超过防治指标却认为无须防治的误差为 β，现设 $\alpha=\beta=0.05$，又设在上述两假设内的 k 值相等。根据表 1 及表 4，当蚜株率在 6.4%→27.6% 时 $V/\bar{x}$ 值由 1.12→1.89，故定蚜株率在 20% 时 $V/\bar{x}=1.5$。因苗期蚜害株属负二项分布，故

$$V_1=kp_1\cdot q_1=0.2\times1.5=0.3$$

$$q_1=1.5\quad p_1=q_1-1=0.5$$

$$\therefore\quad k=\frac{kp_1}{p_1}=\frac{0.2}{0.5}=0.4$$

$$\because\quad kp_0=0.1\qquad\therefore\quad p_0=0.25\quad q_0=1+p_0=1.25$$

$$V_0=kp_0q_0=0.1\times1.25=0.125$$

现需找出两条分领域的平行线，其截点为：

$$h_0=\frac{\log\frac{\beta}{1-\alpha}}{\log\frac{p_1q_0}{p_0q_1}}=-5.7625$$

$$h_1=\frac{\log\frac{1-\beta}{\alpha}}{\log\frac{p_1q_0}{p_0q_1}}=5.7625$$

$$S_{(\text{斜率})}=k\frac{\log\frac{q_1}{q_0}}{\log\frac{p_1q_0}{p_0q_1}}=0.143$$

两平行线方程为

$$a_m = 0.143m - 5.7625$$
$$r_m = 0.143m + 5.7625$$

m 为调查观测的次数(株)，
a_m 为下限，为确定暂时无须防治的界线，
r_m 为上限，为确定必须立即防治的界线。

当调查蚜害株数 $d_m \leqslant a_m$ 时 H_0 为真，即蚜株率在 10% 以下，无须进行防治；$d_m \geqslant r_m$ 时 H_1 为真，即蚜株率在 20% 以上，必须立即防治；如 $a_m < d_m < r_m$ 时，H_0 及 H_1 两假设的真假未分，抽样检查应继续进行。

现将序贯分析过程示意于图 2。

应用序贯分析，下面两个特征函数在抽样实施上虽然不很重要，但有助于洞察全面的实际情况(Sylvester *et al.*, 1961)：

(一) 运用特征曲线（OC 曲线）：它表明 p_0、p_1 与 α、β 的函数关系。

$$p = \frac{1 - \left(\frac{q_0}{q_1}\right)^h}{\left(\frac{p_1 q_0}{p_0 q_1}\right)^h - 1}$$

$$\alpha\text{、}\beta \text{ 的概率 } L(p) = \frac{\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right)^h - 1}{\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right)^h - \left(\frac{\beta}{1-\alpha}\right)^h}$$

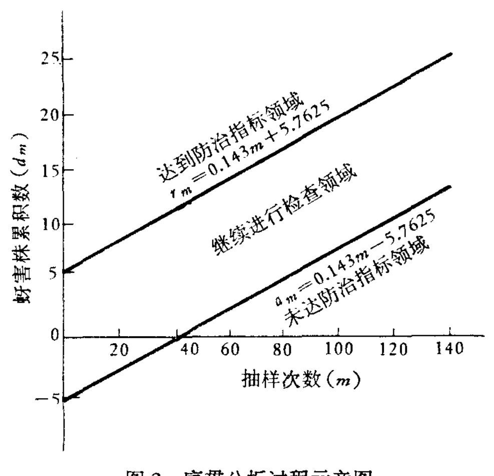


图 2　序贯分析过程示意图

给 h 以 $\infty \to -\infty$ 值代入上面二式，从而求出 $L(p)$ 与 p 的关系如图 3。

OC 曲线的实际意义在于 kp 即为蚜害发生率(将 $k = 0.4$ 代入 kp 即求出蚜株率)，故 $L(p)$ 为有蚜株率分布范围到达某种正确限度(如分领域线接纳 H_0 假设)时的概率。当 kp

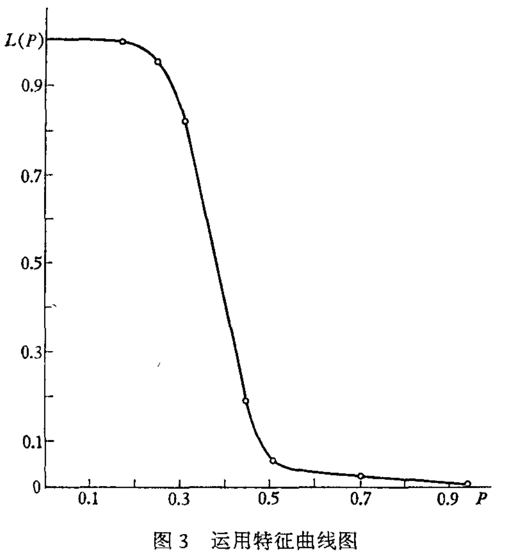


图 3　运用特征曲线图

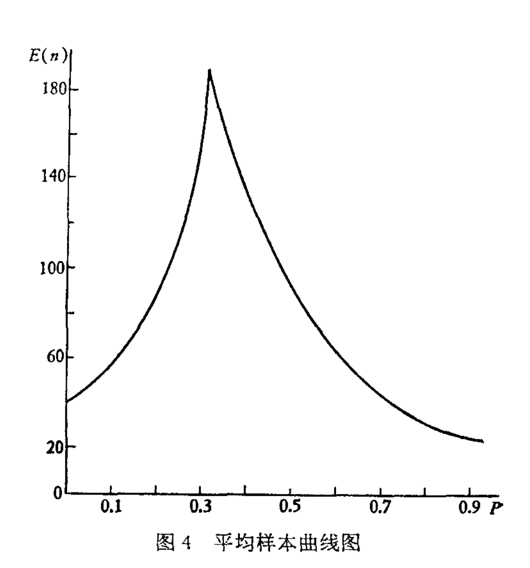


图 4　平均样本曲线图

在 0.1—0.2 区间(即 $p = 0.25 \sim 0.50$)时曲线最陡, $L(p)$ 反应最灵敏。

(二) 平均样本数曲线(*ASN* 曲线,如图 4): *ASN* 曲线方程为:

$$E(n) = \frac{h_1 + (h_0 - h_1)L(p)}{kp - S}$$

ASN 曲线表明 p 与 $E(n)$ 的关系, $E(n)$ 为在不同 p 时所需要的抽样次数, p 也可以体现于 kp (蚜株率), 当 $kp = 0.1$ (即 $p = 0.25$) 时, $E(n) = 121$ 株, 或当 $kp = 0.2$ (即 $p = 0.50$)时, $E(n) = 91$ 株即可超越分领域线, 此两数值接近于现时预测预报抽样调查的株数(100 株); 当 $kp < 0.1$ 或 $kp > 0.2$ 时平均抽样次数均小于以上两数值, 故应用序贯抽样能节约人力物力。理论上, 当 $kp = S$ 时 $E(n)$ 为极大, 而实际上求得其近似值为 188 (即 *ASN* 曲线顶峰),故知抽样极限(最大次数)为 188 株, 如此时仍未超越分领域线, 则可按其实值(即调查 188 株计算蚜株率)来确定是否应当进行防治。

五、结 语 及 讨 论

(一) 棉苗期棉蚜最初的空间模型取决于有翅蚜的分布,现测定有翅蚜的分布型不符合潘松分布而符合负二项分布,这是苗期棉蚜(有翅及无翅蚜)分布型的基础。因此,当蚜株率在 5% 以下时棉蚜符合负二项分布, 蚜株率在 5% 以上则不符合负二项分布而符合 P-E 核心分布。

国外研究甜菜上的蚜虫、豌豆蚜在紫苜蓿上的空间模型,当早期蚜虫极少时, 从均数($\bar{x}$)接近于变量(V)的关系, 可视为趋于潘松分布 (Sylvester *et al.*, 1961; Forsythe *et al.*, 1963)。作者测定有翅棉蚜的变异指标($V/\bar{x}$)亦接近于 1,此点与国外情况相似,但从理论次数分配则更符合负二项分布, 此与甜菜上的蚜虫后来测定的结果相同 (Sylvester *et al.*, 1961), 因而认为棉蚜在棉田初期的分布应属负二项分布, 后来发展成 P-E 核心分布。所以棉苗期的棉蚜分布不随机,呈大小不等的核心镶嵌模型,形成点片发生阶段。

当气温较低、棉苗出土慢,有翅蚜较集中的飞迁到棉田之时(如第 VII 号棉田); 或棉苗很密、棉蚜又比较集中之时(第 VIII 号棉田),棉蚜群的空间分布有回复均衡的趋势。此点与国内外研究所得的结论, 认为虫口密度过大或过小时会从极度的不均衡而会回复均衡的结论一致。

(二) 棉蚜群的分布型符合负二项分布或 P-E 核心分布,亦即变量与均数相关或有函数关系,故田间防治棉蚜试验的资料在变量分析时应用对数代换。但分布型除上述与虫口密度有关外,还受环境因子或季节影响,特别是取样单位的形状和大小的影响更大。Kuehl 等从 V 与 $\bar{x}$ 的关系分析多种棉虫的取样分布,认为当虫口密度低而样本较小 (1 株为取样单位)之时, 回复均衡(符合潘松分布)的趋势比较明显; 当虫口密度高或取样单位大 (5 株)时,不均衡分布(负二项分布)占优势。防治为害马铃薯的蚜虫,每处理小区查 25 株,每株随机查其上、中、下三片叶的虫数, 用平方根代换较对数代换更为合适 (Shands *et al.*, 1972)。因此,一种合理的统计代换,虽然已测定虫群的空间模型是它的理论基础,但在具体运用上还应适当结合当时的虫口密度和抽样单位的大小来考虑, 最好将统计代换分析的结果,从生产实践的经验和变量分析三条主要基本假设进行复验。

(三) 应用序贯分析测定害虫防治指标或检定防治质量,通常负二项分布资料中的 k

值随 $\bar{x}$ 而变，故 k 应从所调查资料中求得其理论值。本文是采用接纳 H_1 假设时的 k 值：对未达到防治指标时的误差估计偏高，即此时要求从严，取样要大些，避免误定过早防治，影响药剂控制效果；但当超过防治指标时则对误差的估计偏低，此时要求从宽，取样可以少些便能迅速决定防治，减少虫害损失。故从统计观点看，这样不易犯不该治而治和该治而不治的错误。目前定棉蚜第一次防治适期在蚜株率 20%、百株蚜数又超过 150 头(即每株平均蚜数超过 1.5 头)和卷叶率不超过 3% 为准，根据本文资料（表 1）中虽略超出防治指标(20% 蚜株)而平均每株蚜数距 1.5 头尚较远，这是因为不同年份或地方的棉蚜发生量不同。如为害甜菜的蚜虫定每株平均蚜量≤0.9 头时不防治，≥1.1 头时须防治(Sylvester *et al.*, 1961)，与本文结果(表 1)较接近。因此，现订防治适期中的蚜株率如何更好地结合蚜量或卷叶率指标，可在今后的实践中改进。

参　考　文　献

丁岩钦　1965　棉盲蝽生态学特性的研究 III。棉盲蝽在棉田内的分布型及其影响因素的分析。昆虫学报 **14** (3): 264—73。

尹汝湛、赵善欢、王鉴明　1954　稻田三化螟集团分布的初步调查及其在实用上的意义。昆虫学报 **4** (4): 337—64。

朱弘复、张广学　1956　棉蚜在棉田中的发生和扩散。昆虫学报 **6** (3): 253—70。

全国主要农作物病虫预测预报座谈会　1973　主要农作物病虫预测预报办法。第 102 页。

宋哲和　1966　药剂防治玉米螟试验的统计分析。昆虫知识 **10** (3): 186—91。

宋哲和　1965　应用序贯分析检定玉米螟的防治质量。昆虫知识 **9** (3): 131—4。

宋哲和　1965　谈谈当前药剂防治棉蚜问题。山西农业科学 1965 (3): 37—9。

Daum R. J. & J. E. Dewey 1960 Designing orchard experiments for European red mite control. *J. econ. Ent.* **53**(5):892—8.

Forsythe, H. Y. & G. G. Gyrisco 1961 Determining the appropriate transformation of data from insect control experiments for use in the analysis of variance. *J. econ. Ent.* **54**(5):859—61.

Forsythe, H. Y. & G. G. Gyrisco 1963 The spatial pattern of the pea aphid in Alfalfa field. *J. econ. Ent.* **56**(1):104—7.

Harcourt, D. G. 1966 Sequential sampling for use in control of the cabbage looper on cauliflower. *J. econ. Ent.* **59**(5):1190—2.

Hartley, H. O. 1950 The maximum F-ratio as a short-cut test for heterogeneity of variance. *Biometrika* **37**:308—12.

Ives. W. G. H. & G. L. Warren 1965 Sequential sampling for white grubs. *The Canadian Entomologist* **97**:596—604.

Kuehl, R. O. & R. E. Fye 1972 An analysis of the sampling distributions of cotton insect in Arizona. *J. econ. Ent.* **65**(3):855—60.

Safranyik L. & A. G. Raske 1970 Sequential sampling plan for larvae of *Monochamus* in Lodgepole pine logs. *J. econ. Ent.* **63**(6):1903—6.

Shands, W. A. *et al.* 1972 Insect predators for controlling aphids on potatoes. *J. econ. Ent.* **65**(2): 511—8.

Sylvester, E. S. & E. L. Cox 1961 Sequential sampling plans for sampling aphids on sugar beets in Kern Country, California. *J. econ. Ent.* **54**(6):1080—5.

Tukey, J. W. 1949 One degree of freedom for non-additivity. *Biometrics* **5**(3):232—42.

A SPATIAL PATTERN FOR APHID POPULATION DURING THE COTTON SEEDLING STAGE AND ITS PRACTICAL APPLICATION

SOONG TZUR-HO

(*Shansi Agricultural College*)

A spatial pattern for aphid population during the cotton seedling stage is in agreement with the negative binomial distribution when the percentage of cotton plants infested by the cotton aphid (*Aphis gossypii* Glover) is less than 5% and it conforms with the Polya-Eggenberger's contagious distribution when the rate of infestation reached more than 5%. In view of this, we chose the effective period for chemical control at the stage of 20% of infestation.

Since there were some difficulties arising from nonnormality of error distribution, unequality of the group variance, and or non-additivity of the various effects, and since the original survey data from this investigation on aphid control were not satisfied with the assumptions for the analysis of variance, they must be transformed logarithmically into new values. This normalizing transformation will improve the accuracy of the test. The logarithmic transformation not only accommodates the experience in agricultural and biological experiments, but also conforms with the three basic assumptions underlying the analysis of variance procedure and the related tests of significance. The three basic assumptions are: (1) the experimental error should be normally distributed, (2) all the treatment groups must have the same error variance; and (3) treatment and environmental effects ought to be additive.

When the sequential analysis is used to test the right time for controlling aphids, we suggest to give $k=0.4$, $kp_1=0.2$ $kp_0=0.1$, $\alpha=\beta=0.05$, and to formulate two parallel linear equations for acceptance ($a_m=0.143m-5.7625$) and rejection ($r_m=0.143m+5.7625$) in carrying out the control measures. Because of its useful saving of labour and materials, these two equations are referable for practical application.